

PEMODELAN DAN SIMULASI JARINGAN PIPA GAS DENGAN DUA SUMBER SUMUR GAS

Mohammad Taufik

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung - Sumedang KM. 21 – Jatinangor 45363
Telp./ Fax. (022) 7796014, 0811208031
E-mail : m.taufik@unpad.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan pemodelan dan simulasi jaringan pipa gas dengan dua sumber sumur gas. Pemodelan bertujuan untuk memperoleh desain jaringan pipa gas yang optimal dalam memenuhi kebutuhan konsumsi gas.

Model yang dikembangkan berdasarkan metode perhitungan Weymouth dan Panhandle B. Asumsi dalam model adalah aliran steady state, gas satu fasa kering, posisi pipa horisontal tanpa efek elevasi, dan jaringan terdiri atas 2 inlet dan 1 outlet.

Hasil simulasi menunjukkan pengaruh faktor laju alir, diameter pipa, panjang pipa, kehilangan tekanan, dan daya kompresor terhadap desain jaringan pipa gas. Selain itu, diperoleh juga besaran biaya investasi dan biaya operasi dari jaringan pipa gas tersebut. Adapun metode yang memberikan hasil yang optimal adalah Metode Panhandle B.

Kata kunci : Pemodelan dan Simulasi, Jaringan pipa gas, Weymouth, Panhandle B.

Pendahuluan

Untuk membangun jaringan pipa gas perlu mempertimbangkan faktor teknis dan faktor ekonomi. Faktor teknis meliputi laju alir dan tekanan yang dibutuhkan, diameter optimum pipa, serta daya kompresor yang dibutuhkan. Sedangkan faktor ekonomi yang menentukan adalah biaya investasi, biaya operasional, dan biaya total (Mohammad Taufik, 2008). Selain itu perlu diperhatikan pula kebutuhan konsumen serta kapasitas sumur yang akan beroperasi.

Penelitian ini bermaksud untuk membuat model jaringan pipa gas dengan dua sumber sumur gas yang berbeda. Tujuannya untuk memperoleh besaran-besaran yang mempengaruhi desain baik secara teknis maupun ekonomi. Model yang dikembangkan berdasarkan metode perhitungan Weymouth dan Panhandle B.

Landasan Teori

Persamaan Aliran satu fasa gas dalam pipa merupakan fungsi dari perbedaan tekanan inlet (*upstream*) dan tekanan outlet (*downstream*), faktor gesekan, temperatur serta parameter-parameter sifat fisik gas dan pipa itu sendiri.

Persamaan Laju Alir Gas menurut Weymouth (Menon, 2005) :

$$Q = 432.7 \frac{T}{P} \cdot \left[\frac{P_1^2 - P_2^2 - E}{T_{ave} \cdot Z_{ave} \cdot G \cdot L} \right]^{0.5} \cdot D^{2.667} \quad (1)$$

dengan faktor friksi

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = 11.19 D^{1/6} \quad (2)$$

Persamaan Laju Alir Gas menurut Panhandle B (Menon, 2005) :

$$Q = 737.02 \left(\frac{T}{P} \right)^{1.02} \left[\frac{P_1^2 - P_2^2 - E}{T_{ave} \cdot Z_{ave} \cdot G^{0.961} \cdot L} \right]^{0.510} \cdot D^{2.53} \quad (3)$$

dengan faktor friksi

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = 16.49 (\text{Re})^{0.01961} \quad (4)$$

atau,

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = 16.70 \left(\frac{Q \cdot G}{D} \right)^{0.01961} \quad (5)$$

Persamaan Kehilangan Tekanan dinyatakan sebagai (Yong Bai, 2001) :

$$\Delta P = \frac{fv^2 L \rho}{2g_c D} \quad (6)$$

Persamaan Diameter Optimum Pipa menurut Weymouth (Menon, 2005) :

$$D_{opt} = \left(\frac{q^3 \rho (1 + Lfp) [1.94851 Chp + 1.45067 Ce Hy]}{n E (1 + Rp) [Cp Cfp + Pp]} \right)^{\left(\frac{1}{16/3+n} \right)} \quad (7)$$

Persamaan Diameter Optimum Pipa menurut Panhandle B (Menon, 2005) :

$$D_{opt} = \left(\frac{q^{2.9608} \mu^{0.0392} \rho^{0.9608} (1 + Lfp) [0.57227 Chp + 0.42677 Ce Hy]}{n E (1 + Rp) [Cp Cfp + Pp]} \right)^{\left(\frac{1}{4.9608+n} \right)} \quad (8)$$

Besar Daya Kompresor menurut Weymouth (Yong Bai, 2001) :

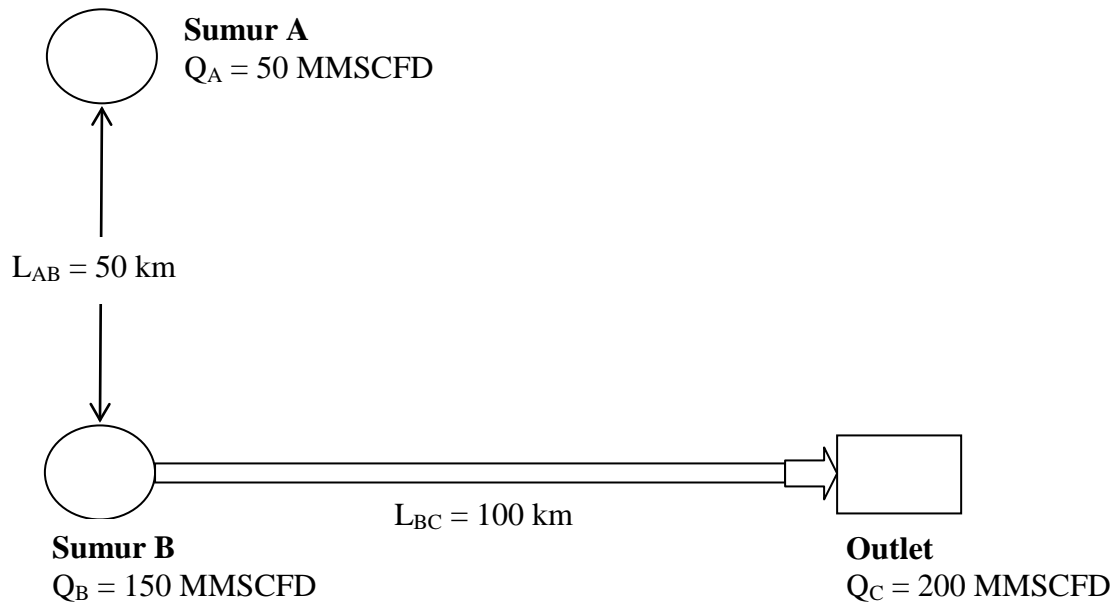
$$Q(HP) = 0.0126868 \frac{\left(\frac{Q_g Z T}{P} \right)^3 \rho L (1 + Lfp)}{D^{4.84} E} \quad (9)$$

Besar Daya Kompresor menurut Panhandle B (Yong Bai, 2001) :

$$Q(HP) = 0.00419152 \frac{\mu^{0.0392} \left(\frac{Q_g Z T_{avg}}{P_{avg}} \right)^{2.9608} \rho^{0.9608} L (1 + Lfp)}{D_{opt}^{4.9608} E} \quad (10)$$

Metode Penelitian

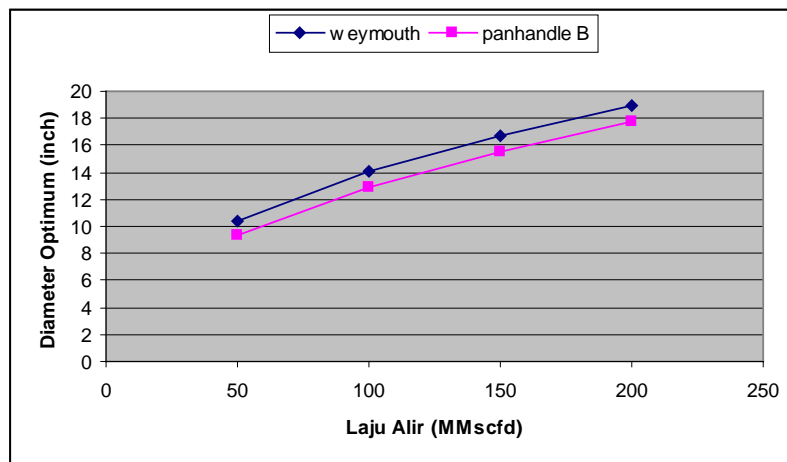
Dalam penelitian ini, jaringan pipa gas dimodelkan seperti pada gambar 1. Jaringan terdiri atas 2 sumber sumur gas (sumur A dan sumur B) dan 1 outlet (konsumen). Simulasi akan menentukan jalur yang optimal dari sumur A masuk ke dalam pipa gas yang telah menghubungkan sumur B dengan Outlet.



Gambar 1. Model desain jaringan pipa gas

Hasil dan Pembahasan

Diameter Optimum

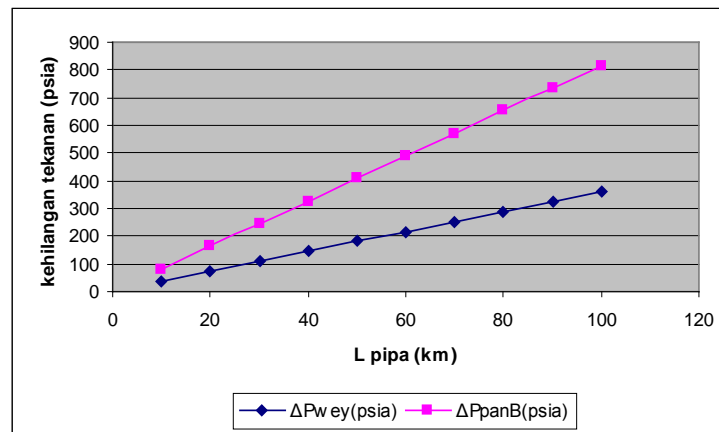


Gambar 2. Laju Alir terhadap Diameter Optimum

Untuk metode Weymouth diameter optimum yang didapatkan sebesar 10,3 inch untuk laju alir sebesar 50 MMscfd; 16,75 inch untuk laju alir sebesar 150 MMscfd; dan 19 inch untuk laju alir sebesar 200 MMscfd. Sedangkan untuk metode Panhandle B diameter optimum yang didapatkan sebesar 9,4 inch untuk laju alir sebesar 50 MMscfd; 15,54 inch untuk laju alir sebesar 150 MMscfd; dan 17,7 inch untuk laju alir sebesar 200 MMscfd.

Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin besar laju alir gas maka semakin besar pula ukuran diameter optimumnya.

Kehilangan Tekanan

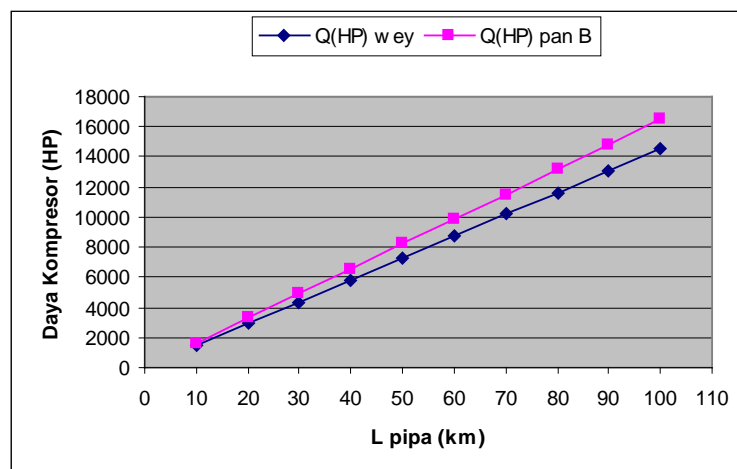


Gambar 3. Panjang Pipa terhadap Kehilangan Tekanan pada $Q = 200$ MMscfd

Semakin panjang pipa, maka kehilangan tekanan semakin besar pula untuk diameter pipa dan laju alir tetap. Hal ini terjadi karena semakin panjang pipa maka semakin panjang pula daerah gesekan antara gas dengan dinding pipa sehingga kehilangan tekanan akan semakin besar.

Semakin besar laju alir gas pada panjang pipa yang sama maka semakin besar pula kehilangan tekanan yang terjadi selama aliran. Hal ini juga disebabkan semakin besar volume gas yang dialirkan maka semakin besar pula gesekan antara gas dengan dinding pipa sehingga kehilangan tekanan akan semakin besar.

Daya Kompresor



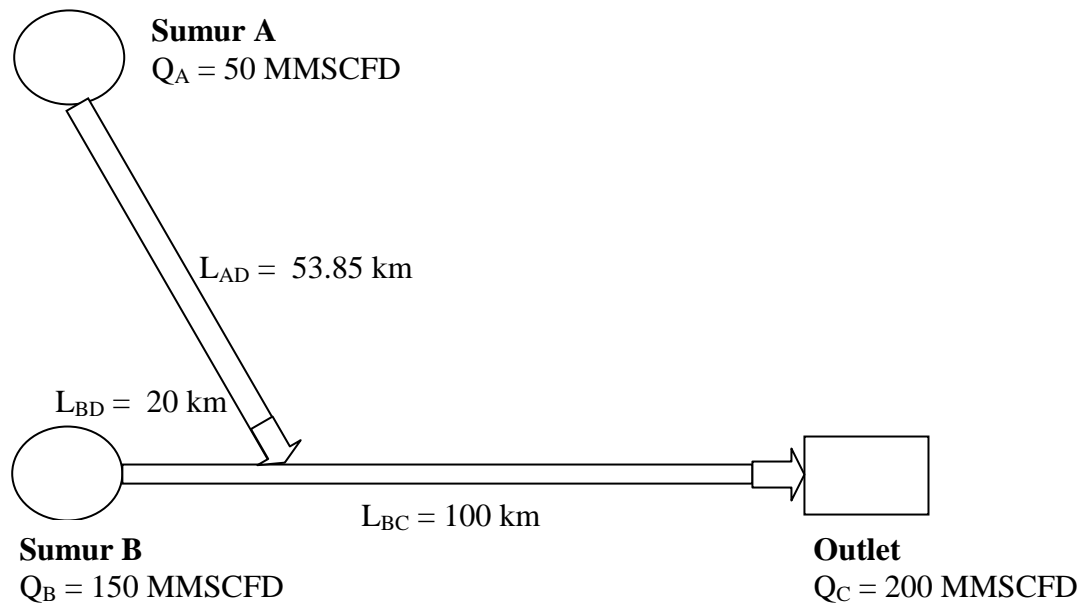
Gambar 4. Panjang Pipa terhadap Daya Kompresor pada $Q = 200$ MMscfd

Pada penelitian ini, kompresor dianggap hanya dipasang di ujung masuk aliran gas pada pipa. Besarnya daya kompresor yang dibutuhkan untuk mengalirkan gas dalam pipa dihitung berdasarkan penurunan tekanan yang terjadi selama proses pengaliran.

Besarnya daya kompresor bergantung pada panjang pipa. Semakin panjang pipa maka semakin besar daya kompresor untuk laju alir dan diameter yang tetap. Hal ini terjadi karena semakin panjang pipa maka semakin panjang segmen gesekan antara gas dengan dinding pipa di sepanjang aliran sehingga dibutuhkan tekanan yang semakin besar pula dan akibatnya diperlukan kompresor dengan daya yang lebih besar pula.

Model Optimal Jaringan Pipa Gas

Hasil simulasi memberikan model optimal jaringan pipa gas, seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Model Optimal Jaringan Pipa Gas

Hasil perhitungan untuk biaya investasi total, biaya operasi total dan biaya total ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Biaya Investasi (IC), Biaya Operasi (OC), dan Biaya Total (dalam Juta US \$)

Metode	IC	OC	Total Cost
Weymouth	516,212	146,096	662,308
Panhandle B	435,171	147,885	583,056

Biaya investasi adalah gabungan dari investasi pipa dan investasi kompresor. Besarnya nilai investasi pipa sangat dipengaruhi oleh panjang dan diameter pipa yang digunakan, sedangkan besarnya nilai investasi kompresor dipengaruhi oleh besarnya daya kompresor yang digunakan.

Biaya operasi adalah biaya operasi yang dikeluarkan pertahun untuk pengoperasian pipa dan kompresor. Besarnya biaya operasi sangat dipengaruhi oleh laju alir, diameter dan panjang pipa.

Biaya total adalah gabungan dari biaya investasi dan biaya operasi. Pada penelitian ini desain pipa yang paling optimal adalah desain dengan nilai biaya total yang paling minimum.

Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis, dapat disimpulkan :

1. Semakin besar diameter pipa maka semakin besar pula daya kompresor yang dibutuhkan tetapi kehilangan tekanan akan semakin kecil.
2. Semakin panjang pipa maka semakin besar pula kehilangan tekanan dan daya kompresor yang dibutuhkan untuk mengalirkan gas sehingga biaya operasi dan investasi yang dikeluarkan juga ikut bertambah.
3. Besar biaya total bergantung pada laju alir, panjang pipa, kehilangan tekanan, diameter desain pipa, serta biaya investasi dan biaya operasi pipa dan kompresor.
4. Dari kedua metode yang digunakan untuk menentukan desain pipa transmisi gas, Panhandle B memiliki nilai keoptimalan lebih tinggi dibandingkan dengan Weymouth.

Nomenklatur

ΔP	: kehilangan tekanan, psi
f	: koefisien friksi, konstanta
v	: kecepatan aliran gas, ft/s
L	: panjang pipa, ft
g_c	: konstanta proporsional, 32.2 (lb _m ·ft/lb _f ·sec ²)
ρ	: densitas gas, lbm/ft ³
D	: diameter dalam pipa, ft
D_{opt}	: diameter optimum pipa, inch
μ	: viskositas gas, cp
C_p	: harga pipa, \$/ft-in
C_{fp}	: biaya tetap tahunan untuk perawatan, fraksi
C_{hp}	: harga kompresor per <i>horsepower</i> , \$/HP
E	: faktor efisiensi pipa, fraksi
H_y	: jam operasi/tahun
L_{fp}	: fraksi kehilangan tekanan disebabkan oleh <i>valve, bend, fitting</i> , dll
P	: tekanan rata-rata aliran dalam pipa, psia
R_p	: perbandingan biaya pemasangan dengan harga pipa, fraksi
Q_g	: laju alir volume gas, MMscfd
n	= 1.5 untuk $D > 1$ in dan $n = 1.0$ untuk $D = 1$ in
$Q(HP)$: daya kompresor yang diperlukan (HP)
Z	: faktor deviasi gas
T_{avg}	: temperatur rata-rata, °R
P_{avg}	: tekanan rata-rata, psia
L_p	: panjang pipa, ft
L_{fp}	: fraksi loss pipa

Daftar Pustaka

- Menon, E. Shashi. 2005. *Gas Pipeline Hydraulics*. Taylor & Francis Group, London.
- Mohammad Taufik. 2008. *Perhitungan Diameter Optimum dan Biaya Total untuk Pembangunan Jaringan Pipa Transmisi Gas*. Proseding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA. Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Yong Bai. 2001. *Pipelines and Risers*. Elsevier Ocean Engineering Book Series, New York.